

MODELIZACION Y SIMULACION DEL DESGASTE EN ACEROS DE HERRAMIENTAS

R. Hernández ricardo.hernandez-rossi@upc.edu

M. D. Riera md.riera@upc.edu

J. M. Prado jm.prado@upc.edu

CTM-CENTRE TECNOLÒGIC <http://www.ctm.com.es>

Avda. Bases de Manresa, 1. 08242-MANRESA (Barcelona)

Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica (UPC)

RESUMEN

El desgaste y fallo en útiles de mecanizado y conformado es un problema cada vez mas acuciante, debido a las exigencias cada vez mayores a las que se ven sometidos: mecanizar a mayor velocidad o conformar materiales mas resistentes. *ABAQUS* es una importante herramienta para estudiar estos fenómenos; así pues, en este trabajo se presenta una muestra de diversas estrategias para modelizar procesos de desgaste y a su vez dar una perspectiva de la implementación de los nuevos criterios de fallo incorporados por el programa en la última versión.

1. INTRODUCCION

El desgaste es un fenómeno habitual en las matrices de conformado y en las herramientas de mecanizado, el primer paso para estudiarlo es conocer la distribución de tensiones que se generan sobre los útiles. Generalmente las simulaciones de conformado, mediante el método de los elementos finitos (MEF), buscan analizar las características del producto, con lo cual resulta conveniente discretizar las herramientas con elementos rígidos, ya que para fines prácticos, no es necesario realizar una valoración del comportamiento mecánico de las mismas; esto permite conseguir un gran ahorro en el tiempo de calculo. Por otra parte las simulaciones de mecanizado tienden a limitarse al análisis del movimiento de las herramientas, buscando siempre optimizar el tiempo en el proceso de producción o analizar la viabilidad de mecanizar cierta geometría, para lo cual utilizan una base de datos de origen empírico; este tipo de simulación, mas bien esta orientada a manufactura asistida por ordenador (CAM).

Los últimos avances en el desarrollo de los programas de simulación MEF, sumado al constante aumento en la capacidad de cálculo, permiten estudiar el comportamiento mecánico de las herramientas de conformado de manera más o menos simple, y a partir de estos resultados implementar la incorporación de modelos de desgaste, como por ejemplo el modelo de Archard [1] que cuenta con gran aceptación. Así en este campo se han realizado importantes avances [2-5].

El desgaste en herramientas de mecanizado por arranque de viruta, al igual que en las herramientas de conformado esta totalmente ligado a su comportamiento mecánico y térmico, para conocerlos es necesario incorporar la problemática misma de la simulación del arranque de viruta. La simulación numérica de este proceso resulta muy costosa computacionalmente y difícil de verificar experimentalmente, sin embargo se han publicado trabajos de gran interés con muy buenos resultados [6-8].

El objetivo de este trabajo es presentar la actual línea de investigación en la que el CTM Centre Tecnologic, comienza a invertir importantes recursos, mostrar diversas estrategias para modelizar procesos de desgaste y a su vez dar una perspectiva de la implementación de nuevos criterios de fallo incorporados por el programa en la última versión (ABAQUS 6.5-1).

2. ESTRATEGIAS DE MODELIZACION

2.1 MATRICES DE EMBUTICION EN FRIO

Para analizar el desgaste de dichas herramientas se lleva a cabo primero la simulación de un proceso de conformado, como por ejemplo en un primer caso sencillo, la embutición de una copa cilíndrica, partiendo de una preforma circular, lo cual permite simplificar el modelo a uno axisimétrico (Fig.1) y permite conocer los niveles de tensión asociados a los radios de curvatura mas pequeños de la herramienta. Esta primera etapa también destaca la posibilidad de evaluar las tensiones en las zonas debajo de la superficie.

Las herramientas generalmente se pueden simular con un modelo de material elástico lineal, que se define introduciendo el modulo de Young y un coeficiente de Poisson, pues ellas se caracterizan por tener un alto limite elástico y una muy baja plasticidad que conduce rápidamente a la fractura frágil.

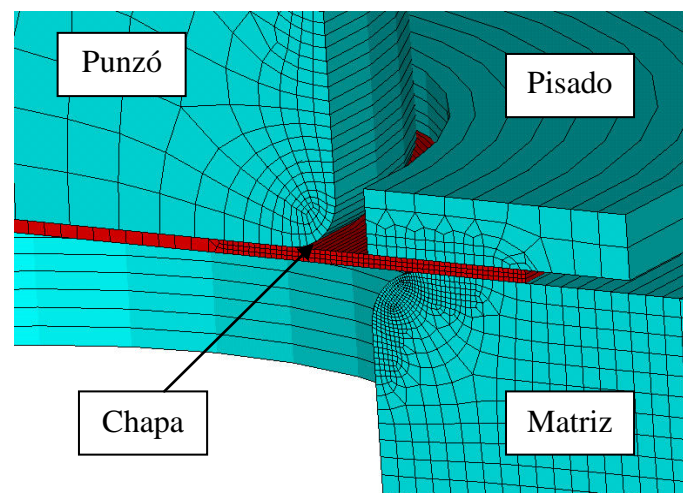


Fig.1 Modelo axisimétrico de embutición de copa cilíndrica.

A partir de la simulación se pueden obtener gráficos como los mostrados en la Fig. 2 en los que se aprecia la distribución de tensiones en función de posición y tiempo sobre la zona crítica de la herramienta, la cual suele coincidir con los radios de curvatura de la matriz (Fig. 3). Estas simulaciones se pueden realizar con éxito en la formulación implícita y sirven de referencia para establecer escalados de masa para cálculos mas complicados a realizarse en la formulación explícita.

En conocimiento del orden de magnitud de las tensiones máximas se pueden realizar cálculos sobre geometrías más complejas, como por ejemplo el análisis de las herramientas responsables de conformar partes estructurales de un coche, se muestra la simulación de un modelo bidimensional que representa un tramo de sección uniforme dentro de una de dicha partes (Fig. 4).

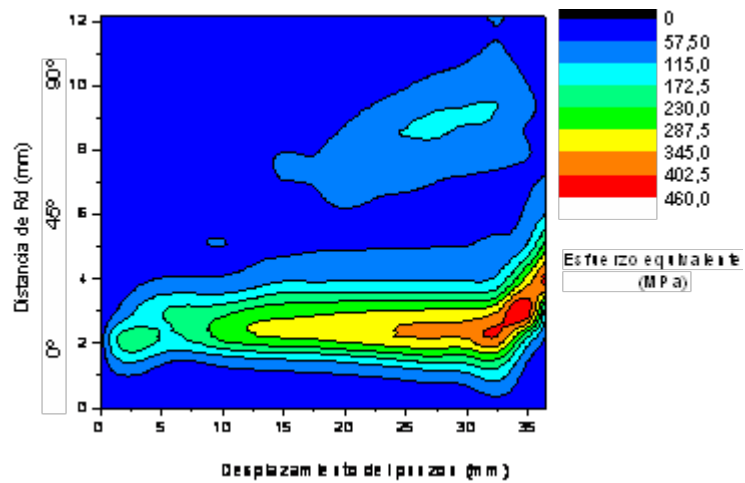


Fig. 2 Grafico de tensiones equivalentes 0,5 mm debajo de la superficie del radio de la matriz

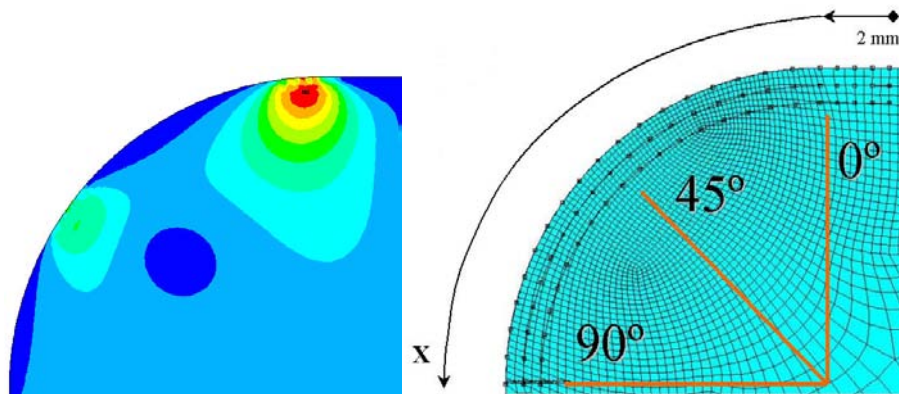


Fig. 3 Diagrama de contornos de tensiones equivalentes y esquema del sistema de referencia

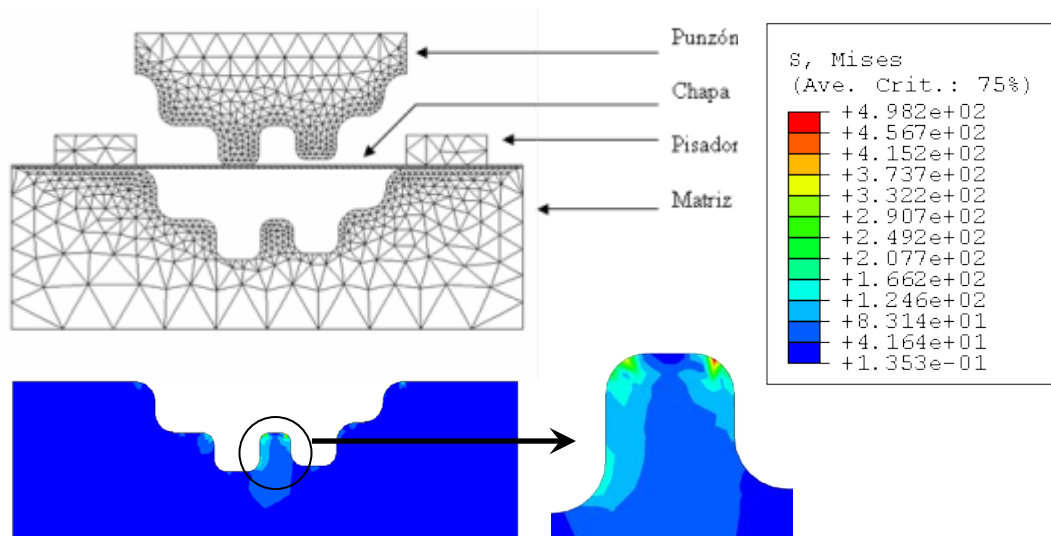


Fig. 4 Simulación 2D de conformado de chapa y tensiones sobre la matriz

Las herramientas sufren dos tipos importantes de daños, el generado por el desgaste y el generado por fatiga, la simulación permite evaluar rápidamente si el daño por fatiga es significativo. Al conocer la tensión máxima que debe soportar la herramienta, determinado el umbral de fatiga ΔK_{th} y el tamaño de los defectos del material del útil, se puede estimar si aparecerán grietas generadas por fatiga. En caso afirmativo, el daño por fatiga compite con el desgaste y debido a las condiciones de contacto las tensiones debajo de la superficie pueden ser muy elevadas y propiciar que la herramienta falle por contener un defecto en esta zona sub-superficial.

Si la herramienta no sufre efectos de fatiga siempre vera las consecuencias de los mecanismos de desgaste, de los cuales el más importante es el desgaste adhesivo [3,4], modelado acertadamente por Archard [1] y que viene representado por:

$$V = K W X / H$$

Donde V es el volumen de material perdido, W es la carga normal, X es la distancia de deslizamiento, H la dureza del material y K es el coeficiente adimensional de desgaste el cual depende de diferentes factores como la lubricación la compatibilidad de los materiales, etc.

Si suponemos que el desgaste ocurre en un área que no cambia entonces se puede dividir ambos términos por esta y escribir:

$$Y = K P X / H$$

Donde Y es la profundidad del desgaste, P la presión de contacto que se puede aproximar a la tensión equivalente en la superficie. P X coincide con la energía disipada por la fricción por unidad de área. Así conocido en número de ciclos (implica X) se puede conocer la profundidad del desgaste.

Con esta profundidad se puede realizar nuevamente el cálculo partiendo de la geometría modificada al restar Y, y así cuantas más veces se corrija la geometría mas ajustado será el resultado final.

ABAQUS a implementado en su ultima versión (6.5-1) una subrutina (UMESHMOTION user subroutine) [9] que permite mediante el uso del mallado adaptativo, corregir la posición de los nodos en función del valor calculado por el modelo de Archard [1].

HERRAMIENTAS DE MECANIZADO POR ARRANQUE DE VIRUTA

Las herramientas de mecanizado sufren los mismos problemas que los útiles de conformado en frío, pero intervienen otras variables como puede ser las altas temperaturas que se generan por fricción y las altas velocidades de corte, que generan grandes tasa de deslizamiento (X).

Para obtener las tensiones sobre estas herramientas primero se debe estudiar el arranque de viruta, una técnica sencilla consiste predeterminar la zona de fallo y aplicar a esta un modelo de material que sufra degradación y que permita eliminar elementos [6], a partir de este descarte se generan nuevas superficies (Fig 5).

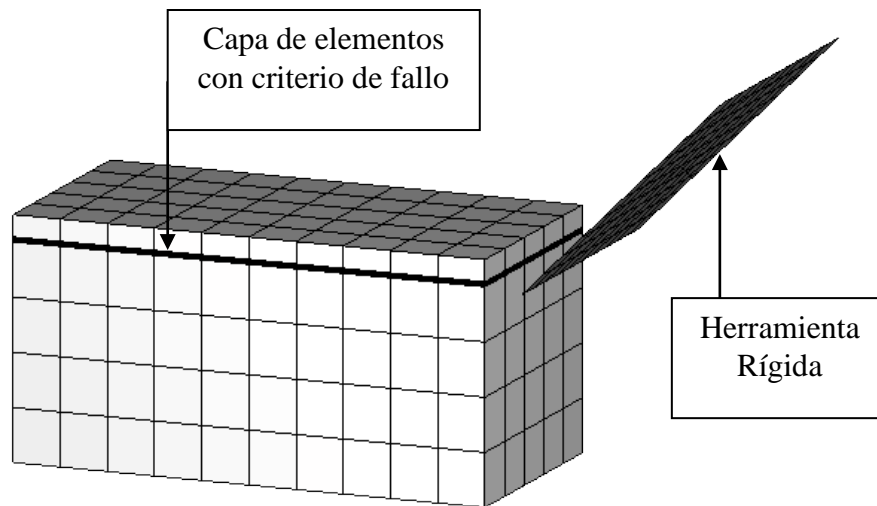


Fig. 5 Esquema del modelo con predeterminación de zona de fallo.

Un criterio de fallo tentador es aquel que permita eliminar un elemento al alcanzar una deformación plástica determinada, ABAQUS ha incorporado “ *SHEAR FAILURE ” el cual da la oportunidad de aplicar este criterio de manera muy sencilla, limitado a la formulación explícita y aplicable preferiblemente cuando existen grandes velocidades de deformación.

Otra técnica consiste en aplicar el criterio de fallo a toda la pieza, pero en este caso puede que no se obtenga ninguna viruta (Fig 6) o aplicar el criterio de fallo sobre la malla formando una matriz en forma de “pegamento” (Fig. 7) esto permitiría que apareciese viruta.

Una vez escogida la técnica a utilizar y comprobado su funcionamiento se pasa a realizar el calculo con la herramienta mallada con elementos deformables y conocidas las tensiones se procede de igual manera a la mencionada en el apartado anterior a calcular la cantidad de desgaste.

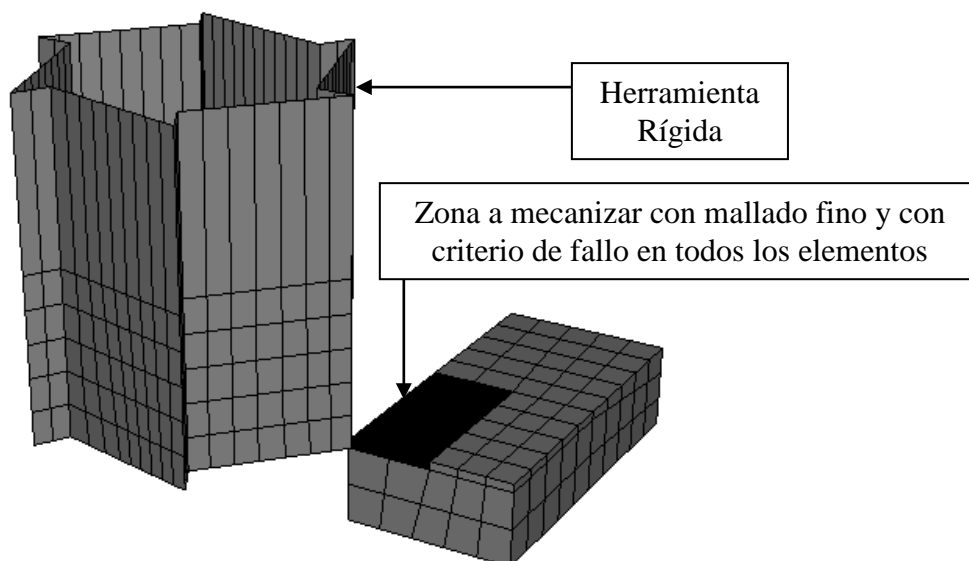


Fig. 6 Esquema de un modelo sin predeterminación de fallo en elementos particulares

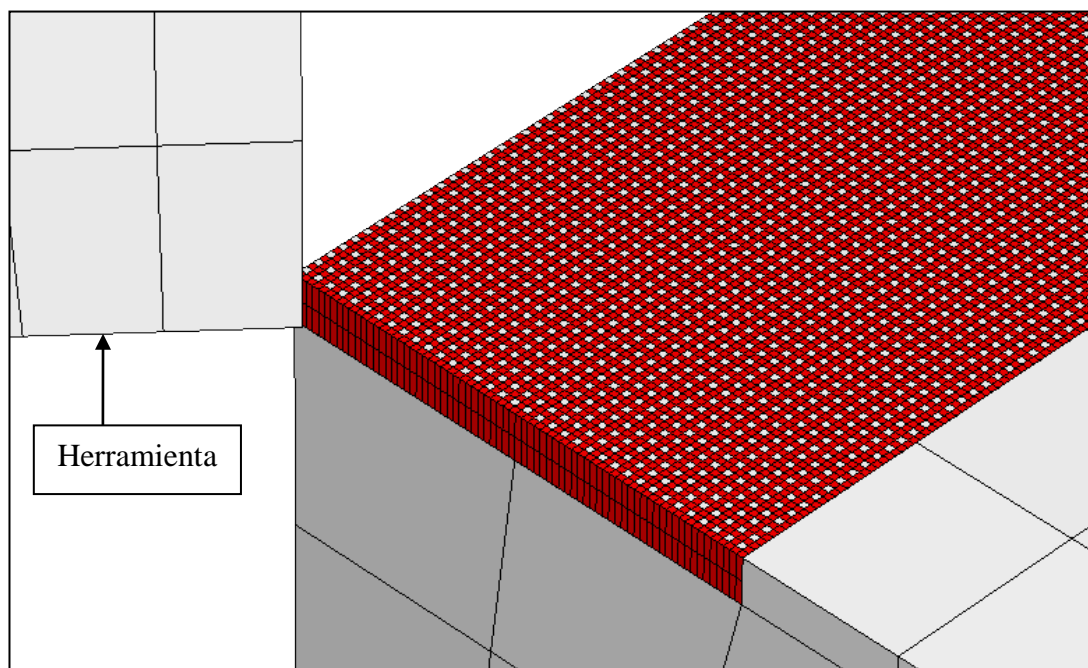


Fig. 7 Esquema de un modelo donde únicamente los elementos de color rojo poseen criterio de fallo

A continuación se muestran imágenes de los resultados con cada tipo de estrategia (Fig. 8-10) y luego una muestra de las tensiones sobre la herramienta (Fig. 11)

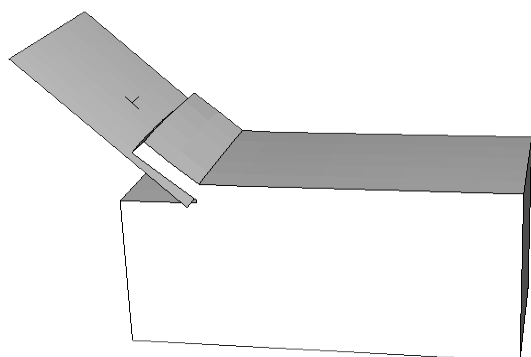


Fig. 8 Resultado 1ª estrategia

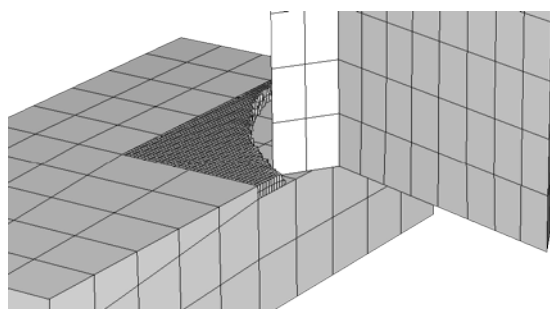


Fig. 9 Resultado 2º estrategia

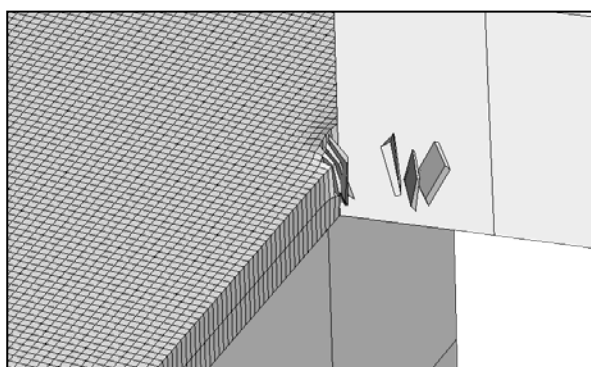


Fig. 10 resultado 3ª estrategia

3. CONCLUSIONES

La estrategia presentada para el cálculo del desgaste mediante el modelo de Archard cuenta con una gran aceptación y se han obtenido buenas correlaciones con ensayos experimentales.

La determinación de las tensiones sobre herramientas de conformado en frío son generalmente acertadas, pero las técnicas mostradas para la determinación de las tensiones en herramientas de mecanizado por arranque de viruta son sencillas y deben ser valoradas y estudiadas en detalle para obtener resultados fiables. Se han publicado importantes trabajos sobre el proceso de generación de viruta en los cuales se han realizado minuciosos estudios del fenómeno.

Recordemos que el objetivo de este trabajo es presentar la actual línea de investigación en la que el CTM Centre Tecnologic, comienza a invertir importantes recursos, el equipo de trabajo se encuentra en una primera etapa de formación, pero en un futuro cercano esperamos compartir los avances realizados.

4. REFERENCIAS

- [1] Archard, J. F. "Contact and rubbing of flat surface" J. Appl. Phys. 24:981-988, (1953).
- [2] D. Hortig, D. Schmoeckel, "Analysis of local loads on the draw die profile with regard to wear using the FEM and experimental investigation" Journal of Materials Processing Technology, 115, (2001), pp 153-158.
- [3] M.R. Jensen, F.F. Damborg, K.B. Nielsen y J. Danckert, "Applying the finite-element method for determination of tool wear in conventional deep-drawing" Journal of Materials Processing Technology, 83, (1998), pp 98-105.
- [4] D. Attaf, L. Penazzi, C. Boher, C. Levaillant, "Mechanical study of a sheet metal forming dies wear", 67TH international tooling conference.
- [5] I.R. McColl, J. Ding, S.B. Leen, "Finite element simulation and experimental validation of fretting wear" Wear, 256, (2004), pp 1114-1127.
- [6] I. Cerro, J.L. Alcaraz, L.N. Lopez de Lacalle "Simulación numérica del corte oblicuo de materiales dúctiles" IX Reunión de usuarios de Abaqus, (2004)
- [7] P.J. Aráosla, F. Meslin, D. Ugarte, S. Marya, "Modelización numérica del proceso de formación de viruta durante el mecanizado" VII Reunión de usuarios de Abaqus (2002)
- [8] <http://nsm.eng.ohio-state.edu/html/d-simulations.html>
- [9] "Tread wear simulation using adaptive meshing in ABAQUS/Standard" Abaqus Example Problems Manual (v6.5-1), example 3.1.8.